PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-314204

(43)Date of publication of application: 25.10.2002

(51)Int.CI.

H01S 5/343 H01L 21/205 H01L 33/00

(21)Application number: 2001-117530

(71)Applicant:

RICOH CO LTD

(22)Date of filing:

16.04.2001

(72)Inventor:

MIKI TAKESHI

IWATA HIROKAZU SARAYAMA SHOJI

(54) p-TYPE SUPERLATTICE STRUCTURE AND ITS MANUFACTURING METHOD, AND GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT AND LIGHT EMITTING ELEMENT THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a p-type superlattice structure which has no surface deterioration and as-grown low resistance, and its manufacturing method, as well as a high-performance group III nitride semiconductor element and a semiconductor light emitting element. SOLUTION: When manufacturing an AlxiGa(1-xi)N/AlyiGa(1-yi)N superlattice structure wherein at least one layer of a superlattice structure that is formed by laminating n times a group III nitride semiconductor layer represented by general formulae, AlxiGa(1-xi)N (1≥xi>0) and AlyiGa(1-yi)N (1>yi≥0) (where, i=1...n), is doped with p-type imputes, it is subjected to crystal growth in an atmosphere containing hydrogen, and then it is cooled in an atmosphere made of only nitrogen material or containing at least nitrogen material to lower temperature from the crystal growth temperature.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国体許庁 (JP)

公報(A) 榅 华 噩 4 (2)

特開2002-314204 (11) 特許出職公園番号

平成14年10月25日(2002, 10.25) (P2002-314204A)

(\$74). (-C)	5 F 0 4 1	5 F 0 4 5	5F073
10	610		ပ
	5/343	21/206	33/00
PI	H01S	H01.L	
中国国	610		
	5/343	21/206	33/00
(51) Int.CL.	H01S	H01L	

野空間水 未請求 脈水項の数13 〇1. (全 12 頁)

TIPE CONSTRUCT	株式会社リコー	東京都大田区中周込1丁目3番6号	富 報川	東京都大田区中岛込1丁目3番6号 株式	会社リコー内	松田 湖	東京都大田区中岛込1丁目3番6号 株式	会社リコー内	(74) 代理人 100094466	弁理士 友松 英麗	を表面に扱う
7 HIM (12)			(72) 完明者			(72) 知明者			(74) 代理人	•	
(大型2001-117530/ P2001-117530)		平成13年4月16日(2001.4.16)									
(21) 出題移母		(22)出版日									

p型函格子構造とその作製方法、111放理化物半導体素子及び111放強化物半導体弱光素子 (54) [発明の名称]

【瞬題】 表面劣化のない、as grownで低抵抗 な、D型超格子構造とその製造方法の提供、並びに高性 他の|||核窓化物半導体素子及び半導体発光器子の提 (修正有) (67) [聚約]

葛

Alo 25 Ga 0.75 N

をn回積層して形成された超格子構造の少なくとも一方 後、窒素原料のみからなるか又は少なくとも窒素原料を ≧0) (i=1…n) で数されるIII 眩蝥化物半導体圏 造の作製に際し、水衆を含む雰囲気で結晶成長させた - 後以 N (1 - × 1) N (1 ≥x:>0) ŁAly;Ga (1-y;) N (1>y; (1-×:) N/A1, 1Ga (1-, 1) N超格子棒 含む雰囲気で冷却し結晶成長温度から降温させる。 の層にp型不純物をドープしたA1x1G8 [解決手段]

[特許請求の範囲]

を n 回積層 L て形成された組格子構造の少なくとも一方 ≧0) (i = 1 …n)で投される|||核蛮化物半導体層 ||静水項1|| 一般式A | x i G B (1-x i) N (1 3x1>0) 2A1,1Ga (1-,1) N (1>,1 (1-×:) N/AlyiGa (1-yi) N超格子権 の層にp型不純物をドープしたA1xiGa

造の作製に際し、水森を含む雰囲気で結晶成長させた

含む雰囲気で冷却し結晶成長温度から降温させることを **登券原料が、少なくとも水漿と窒素を含む窒素原料であ** 後、窒素原料のみからたるか又は少なくとも窒素原料を 【請求項2】 前記結晶成長後の冷却雰囲気を構成する 特徴とするp型AlxiGaい-xi) N/Alvi ることを特徴とする請求項1記載のp型AlxiGa #中华昭2 (1 * - 1) B D 1 * 1 B / N (1 × - 1) Ga (1-y1) N超格子構造の作製方法。

[請水項3] 前記水器と窒素を含む窒素原料がアンモ ニアであることを特徴とする請求項2記載のp型Al (((1 - x 1) N/A 1 y (GB (1 - y 1) N 超格子構造の作製方法。

造の作製方法。

をn回積層し形成された超格子構造の少なくとも一方の たのち冷却することにより前記超格子構造をp型化する 20)(i=1…n)で表される111旅館化物半導体層 くとも 1 層以上の111 核魔化物半導体積層構造を形成し .とを修散とするp型A1×1GB (1-×1) N/A N/A1,1Ga (1-);) N超格子構造上に、少な [請求項4] - 使式Al*iGa(1-*i) N (1 ax:>0) とAlriGa (1-vi) N (1>vi 層にp型不純物をドープしたAlxiGa (1-xi)

を0.5ヵm以上とすることを特徴とする請求項4記載 [請求項5] 前記11該簽化物半導体積層構造の厚さ のp型AlxiGa (1-xi) N/AlyiGa y | G a (1-y 1) N超格子構造の作製方法。 (1- / 1) N超格子構造の作製方法。

原料のみからなるか又は少なくとも盗案原料を含む雰囲 化物半導体積層構造の結晶成長後の冷却雰囲気を、瓷葉 気とすることを特徴とする請求項4又は5記載の p型A 【請求項6】 前配超格子構造上に形成される111核蜜 | x | Ga (1 - x |) N/A | y | Ga (1 - y |) N超格子構造の作製方法 【請求項7】 p型不純物をドープした層に、酸p型不 **単物と同時に少なくとも1種のn型不純物をドープする** ことを特徴とする請求項1~6の何れかに記載のp型A 【請水項8】 前記y:=0であることを特徴とする請 | x | Ga (1-x |) N/Aly | Ga (1-y |) N組格子構造の作製方法。

(1-×:) N/AlviGa (1-vi) N配格子構 枚項1~1の何れかに記載のp型A1x i G a 造の作製方法。

特別2002-314204

ଚ

[請求項9] 請求項1~8の何れかに配載の作製方法 により得られたp型AlxiGa い-xい N/Al y + Ga (1-y+) N (1≧x i > y i-1, y i, 11+120)超格子構造。

が層毎に異なることを特徴とする請求項9記載のp型 【請求項10】 A1液晶比、即ち、xi及び/又はy (1-y :) N (12x :> y :- 1, y :, y !+1 AlxiGa (1-xi) N/AlyiGa ≥0) 超格子構造。

【請求項11】 請求項9又は10記載のp型超格子構

01

p型電極に向かって小さくしたことを特徴とする請求項 造をp型電極コンタクト層に用い、蘇p型組格子構造上 に直接p型電極を形成したことを特徴とするIII鉄強化 [請求項12] p型AlxiGa(1-x1)N/A (1-×-) N/Ga (1-v-) N超格子構造を構成 する、AlxiGa (1-xi) N層のAl微晶比を、 1 y 1 G a (1 - y 1) N、又はp型A 1 x 1 G a 物半導体票子。

[請求項13] 請求項9又は10記載のp型組格子標 造をクラッド層に用いたことを特徴とする111族蛮化物 1 1 記載の計 | 陜窓化物半導体数子。 半導体発光索子。

20

[発明の詳細な説明] [000]

[発明の属する技術分野] 本発明は、p 型超格子構造と その作製方法、並びに取り型組格子構造を用いた111族 蛮化物半導体森子及び|||族蛮化物半導体発光繋子に関 するものである。

る短故長半導体レーザーのニーズの高まりにより、発授 【従来の技術】近年、光ディスクの大容量化に代表され [0002] 30

よるDVD規格に続く、次世代高密度ディスク規格用光 び繰しEDの量産に成功し、続いて発援波長400nm ない。従って、高品位から低抵抗なp型膜の開発は、依 放展635~650mmの歩色可視光半導体レーザーに アイア基板上への低温パッファーの成膜を利用した結晶 発された。このような技術的進歩により、高輝度の青及 艮野命の半導体レーザー案子を実現するためには十分で **ーザーに塑体が発せられている。この材料米では、サフ** 生の向上技術、水器により不活性化し、高極抗化したp 型膜のアニールによる活性化技術といった重要技術が関 数として、111核変化物半導体材料による青紫半導体レ る。しかし、現状で得られるり型膜の性能は、高出力、 の青紫半導体レーザーの上市に漕ぎ着けるに至ってい 然として、この分野の虹要模題である。 9

s Brown (結晶成長後、アニール等p型不純物の 活性化処理を行わない状態)では高抵抗なものしか得ら れず、アニールによる活性化工程を必要とする。その結 物(ドーパント)が水繋により不活性化されるため、a 【0003】111族強化物半導体においては、2型不純 8

1

-2-

大きなパンドギャップを持つため、ロ型不結動の不純物 AIGaN層をレーザー業子のクラッド層に用いる場合 果、工程増加のコスト及びアニール工程に要する設備等 た半導体栞子の製造コストの増加を招く。また活性化ア ニールにより得られたp型膜においても、p型不純物の 不純物準位が深く活性化率が低いため、キャリア濃度の fiv膜を得ることは難しい。AIGaNは、GaNより 単位が深くなり不純物の活性化率が下がる。このため低 発晶比のAIGaN層を用いる必要があるが、AI混晶 比が大きくなる程クラックを生じ易く、クラッド層とし て十分な厚さの高A1混晶比のA1GaN層を成長させ には、キャリア及び光の閉じ込め効率の点から、高A1 のコストを要し、III 族蛮化物半導体及びそれを利用し 抵抗なp型AIGaN膜を得ることは難しい。加えて、

中でアニールしてアクセプターを活性化する技術が開示 されている。この方法によれば、気相法でサファイア基 水素を含まない劣囲気や不活性ガス雰囲気とすることに 窒化物半導体のp型不純物が水素により不活性化される 問題を解決する技術として、窒素等の不活性ガス雰囲気 下、400℃以上でアニールすることによりアクセプタ 一が活性化するとしている。また、特開平8-1252 では、上記熱的励起、又は、成長後の冷却雰囲気による 度の限界であって、p型電極の接触抵抗が十分に低いも ガス雰囲気中で高温に曝されることにより、強化物半導 板上に p 型不純物を ドープ**した膜を成膜し、窒素雰囲気** 活性化促進の何れの方法によりp型不純物を活性化して のは得られていない。特に熱処理を伴うものは、不活性 体表面からの窒素の解離が進み、表面抵抗が上がるなど 22号公報によれば、結晶成長終了後の冷却雰囲気を、 ら、p型不純物が単独ドープされたIII 族蛮化物半導体 も、1017cm-3のオーダーが得られるキャリア激 より、低抵抗な膜が得られるとしている。しかしなが 特性劣化の問題がある。

8 ドープしようとしたために発生するとしている。Mgの めていたMgが格子間位置に移りドナーとなり、このド の活性化の上限は、Mgに代表されるp型不純物を単独 ナーとなったMgがGa位置のアクセプターのMgを相 殺する補償機構が働く。その解決方法として、p型不純 はOを2:1の比率でドーブすれば、p型不純物2原子 債効果も含め、1つのクラスターが形成されることによ **純物を同時ドーピングする方法に関する技術を開示した** 特開平10-101496号公観によれば、p型不純物 物であるMg又はBeと同時にn型不純物であるSi又 とn型不純物1原子よりなろクラスターを形成し、アク セプターの取り込み位置が安定化するとしている。クラ スターを構成するため取り込まれるドナー 1 原子分の補 【0005】|||核窒化物半導体にp型不純物とn型不 ドープ激度が1019cm-3を越えるとGa位置を占

り1つの安定なアクセプターが得られるとしている。し かしながら、p型不純物であるMgとn型不純物である Siを同時ドープした場合には、Mgの取り込みサイト 敬り込まれた水素によりMg が不活性化されており、低 抵抗化するためには何らかの活性化処理が必要であると は安定化するが、MO-CVD法で作製した順中では、

[0006] 特開平10-154829号公報には、p る。p型不純物と酸素を同時ドープすることによりp型 黴度を得ることができるとしている。しかしながら、同 8 rownでは低低抗化せず、低低抗化には活性化アニ ールを必要とする。アニール後の酸素を同時ドープした は、膜中の水素の排出による活性化は認められるが、ア などの原因により p 型電極と蛮化物半導体表面との接触 抵抗は増大する。従って、未だ同時ドープによるp型不 純物の取り込みサイトの安定化を最大限生かした不純物 真は、単独ドープしアニールした膜よりも高いキャリア ニールによる表面劣化や、膜表面の水素濃度が高いこと 型不純物と酸素を同時ドープする技術が開示されてい 不純物はGa位置に入り易くなるが、成長模は、as 時ドープした膜を不活性ガス中でアニールした場合に の活性化方法は得られていない。

【0007】p型A1GaNの低低抗化及びクラック発 生に対する技術としては、特開平11-191638号 公報にA I G a N/G a N組格子層による低抵抗クラッ GaNの何れか一方にp型不純物をドープすることによ 易に半導体レーザー業子のクラッド層に必要な厚さを得 ることが出来るとしている。p型AIGaN/GaN組 格子層が低抵抗化する理由は、次のように説明されてい れキャリアの移動度は大きくなる。高濃度にキャリアが ド層とデバイスの技術が開示されており、AIGaNと り、低抵抗のp型AIGaN/GaN超格子層が得られ るとしている。また、超格子構造を取ることにより、容 る。即ち、AIGaN層にp型ドープし、GaN層をア ンドープとした場合には、G a N層は高品質の膜が得ら 存在する層とキャリアの移動度の大きな層が交互にある ことにより、キャリアの濃度が大きくかつ移動度の大き な個格子構造が形成される。逆にGaNにp型ドープ

はAIGaN層をトンネル電流によって流れ、結果とし し、AIGaNをアンドーブとした場合は、AIGaN より高抵抗となり、低抵抗化にはアニール工程を必要と 面の急峻性や不植物の拡散の問題、超格子層間の熱応力 膜をトンネル電流が流れる程度の膜厚に散定すれば、p 型GaNは比較的容易に高濃度のキャリアが得られ(A 1GaNに比べ) ることから、p型GaN層のキャリア しかしながら、P型AIGaN/GaN超格子は、as Brownでは、水素によるD型不純物の不活性化に てAIGaN/GaN超格子層は低極抗のp型を示す。 による膜質の劣化、表面劣化等の問題を抱えている。

の素子の構造を図りに基づき説明すると、サファイア基 [0008] 前記p型A1GaN/GaN超格子層をク ブGaNパッファー層3、SiO2マスク20′による 遊択成長アンドープGaN層20、nーGaNコンタク ッジ形状が形成され、n型電極30、p型電極31、S / cm 5、関値電圧 4.0 V、発接波長 3.6 8 n mの連 板1上に、低温GaNパッファー層2、高道のアンドー nクラッド層26、p型GaNコンタクト層27が順表 積層され、エッチングにより、ストライブ幅4μmのリ 統発援が確認され、1000時間以上の寿命であること i O z 絶練層 3 2 及びp 電極パッド 3 3 が形成されてい る。この素子は、室道において関値電流密度2.0kA ラッド層に用いた近紫外半導体レーザー素子の技術が、 ト層4、n-Ino. 1Gao. gNクラック防止層2 1、n-Alo. 2Gao. sN/GaN超格子nクラ N祐性層6、p型A 1 o. 2 G a o. a N p キャップ層 怜開平11-191638号公報に開示されている。 ッド面22、アンドープA10.05Ga0.95Nn 倒ガイド瞳23、アンドープ I no. 01Gao. 99 K層25、p型Alo. 2Gao. 8N/GaN超格子 24、アンドープAlo. o1Gao. 99Np側ガイ

N/GaN超格子構造表面に形成するには至らず、p型 共に、発振闘値が上昇する。また、現状では、デバイス a Nの表面劣化を生じ、直上に形成された p 型電極の低 半導体レーザー素子によれば、AIGaN/GaN超格 子構造の低抵抗化は認められるが、p型電極をAIGa GaNコンタクト層上に形成している。p型GaN層を コンタクト層に用いると、クラッド層から染み出した光 を行っているため、クラッド層に用いているAIGaN やドーピングプロファイルが悪化し、その結果、クラッ 【0009】しかしながら、上記組格子を用いた近紫外 がコンタクト層に導放され、ピーム形状を悪化させると のエピタキシャル成長終了後にp型層の括性化アニール /Ga N超格子構造では、アニールにより界面の急峻性 更に、デバイスの街幣構造全体が、アニールによる帰間 の熱応力の影響に曝されており、膜質の劣化による素子 また、不活性ガス雰囲気での活性化アニールは、p型G 抵抗化を妨げている。以上の要因により、現状の近紫外 第出力かつ長寿命の秦子が得られない等の問題を抱えて ド層のキャリア及び光の閉じ込め効率の低下が生じる。 抵抗の上昇や、高出力動作時の寿命等の問題が生じる。 半導体レーザー素子は、駆動電圧及び発振関値が高く、

アニールによる表面劣化のない萬品位かつ低抵抗なり型 |発明が解決しようとする課題||本発明は、表面劣化の ない、as grownで低低抗な、p型組格子構造と その製造方法の提供、並びに高性能の111族窒化物半導 体素子及び半導体発光素子の提供を目的とする。特に

特開2002-314204

€

A I G a N/A I G a N絕格子構造又はp 型A I G a N /GaN超格子構造、及びそれらを低コストで作製する かつ低柢抗のp型AlGaN/AlGaNXはp型Al 方法の提供を目的とする。更に、光とキャリアの閉じ込 めと電極形成の容易さを併せ符つ、低コストな、高品位 低電圧駆動が可能な信頼性の高い半導体素子、並びに低 電圧駆動が可能で低調値であり、温度特性に優れ、信頼 性の高い可視及び紫外半導体発光素子の提供を目的とす GaN/GaN組格子構造の提供を目的とする。更に、

【0011】上記課題は、次の1)~13)の発明(以 水素を含む雰囲気で結晶成長させた後、窒素原料のみか らなるか又は少なくとも窒素原料を含む雰囲気で冷却し 結晶成長濃度から降温させることを特徴とするp型AI (i=1…n)で表されるIII族蜜化物半導体層をn回 積層して形成された組格子構造の少なくとも一方の磨 1) 一番月AlxiGa (1-xi) N (1Nxi) p型不純物をドープしたAlxiGa (1-xi) N/ A] v i G a (1 - v i) N超格子構造の作製に際し、 * i Ga (1 - x i) N/Aly i Ga (1 - y i) N 下、本発明1~13という) によって解決される。 0) 2AlyiGa (1-yi) N (1>yi 20) 超格子構造の作製方法。 2

前記結晶成長後の冷却雰囲気を構成する鑑素原料 が、少なくとも木業と窒素を含む窒素原料であることを 特徴とする1) 記載のp型A 1×1Ga (1-×i) N /AlviGa (1-vi) N超格子構造の作製方法。 <u>~</u>

- 3) 前記水素と蜜素を含む窒素原料がアンモニアであ (1-×1) N/AlyiGa (1-yi) N配格子構 ることを特徴とする2)記載のp型AlxiGa 造の作製方法。
- 即することにより前記超格子構造を p 型化することを特 質層し形成された艦格子構造の少なくとも一方の層にp (i=1…n)で表されるIII族蛮化物半導体層をn回 響以上の111族窒化物半導体積層構造を形成したのち冷 型不能動をドープしたAl×iGa (1-×1) N/A 数とするp型AlxiGa (1-xi) N/AlyiG 4) 一般从AlxiGa (1-xi) N (12xi> 1 v + G a (1 - v +) N超格子構造上に少なくとも1 0) &AlyiGa (1-yi) N (1>yi 120)
 - μm以上とすることを特徴とする4)記載のp型Al 5) 前記||||族蛮化物半導体積層構造の厚さを0. x i Ga (1-x i) N/Aly i Ga (1-y i) N B (1-yi) N超格子構造の作製方法。 **3格子構造の作製方法。**
- 本積層構造の結晶成長後の冷却雰囲気を、窒素原料のみ からなるか又は少なくとも窒素原料を含む雰囲気とする ことを特徴とする4)又は5)記載のp型AlxiGa 6) 前記組格子構造上に形成される111族窒化物半導 (1-×i) N/AlviGa (1-vi) N超格子構 20

2

- 7) p型不純物をドープした層に、飲p型不純物と同 時に少なくとも1種のn型不純**物をドープすることを特** 徴とする1)~6)の何れかに配載のp型A1xiGa (1-×i) N/AlyiGa (1-yi) N超格子構 造の作製方法。
- **前記y:=0であることを修復とする1)~7)** の何れかに記載のp型AlxiGa (1-xi) N/A 1 y i G a (1 - y i) N超格子構造の作製方法。
- 1)~8)の何れかに記載の作数方法により得ら (1-yi) N (1≧xi>yi-1、yi、yi+1 れたp型A1xiGa (1-x1) N/A1yiGa ≥0)超格子構造。

9

- 11) 9) 又は10) 記載のp型超格子構造をp型電 極コンタクト層に用い、該p型超格子構造上に直接p型 10) A1混晶比、即ち、×1及び/又はy1が層毎 電極を形成したことを特徴とする111族盤化物半導体器 に異なることを特徴とする9)記載のp型A1×iGa (1-xi) N/AlyiGa (1-yi) N (12x 1>タ 1-1、タ 1、 タ 1 + 1 ≧ 0)超格子構造。
- 向かって小さくしたことを特徴とする11) 記載の111 xiGa (1-xi) N層のAl混晶比を、p型電極に 12) p型AlxiGa(1-xi) N/AlyiG N/Ga (1-vi) N超格子構造を構成する、A1 a (1- ½ i) N、又はp型A 1 x i G a (1- x i) 校窗化物半導体辮子。
- 13) 9) 又は10) 記載のp型超格子構造をクラッ ド層に用いたことを特徴とする111族窒化物半導体発光

8

で示されるA1混晶比の異なるA1GaN層が交互に =1から;=nまで順次積層されたものである。A1 [0012]以下、上記本発明について詳しく説明す i – i 、y i 、y i + 1)である。超格子構造を構成す ナローバンドギャップなA1ヶ:Ga(1-ヶ;)Nの る。本発明1で作製するp型A1×iGa (1-×i) (1-yi) N層のAI鹿晶比は一定でなくてもよく、 ワイドバンドギャップなA1×iGa (1-×1) N、 N/A1*: Ga (1-*:) N略格子構造は、A1 x (Ga (1-x 1) N2Aly (Ga (1-y 1) N (1- ^ i) Nよりも常に高A1億晶比(x i > y ×IGa (I-×I) Nは、解析するAlvIGa るAlxiGa (1-xi) N層とAlyiGa

[0013] 結晶成長後に結晶成長温度から降湿するた めの冷却雰囲気としては、強素原料のみからなる雰囲気 が、更に数%の水寮を含む雰囲気であってもよい。前記 冷却雰囲気は、結晶成長後の冷却中に、雰囲気中から水 純物を不活性化するのを防止する。雰囲気中に含まれる 結晶表面からの窒素の解離を抑制する役割をする。成膜 とする他に、少なくとも鑑素原料を含む雰囲気とするこ とが出来る。少なくとも鈿繋原料を含む雰囲気とは、篭 **寮原料と簻券又は不活性ガスからなる混合雰囲気を指す** 素が結晶中に拡散し、超格子中の活性化しているD型不 中と冷却中とで異なる窒素原料を用いることも可能であ 窒素原料は、高温では分解により活性な窒素を供給し、

で冷却を行うことにより、p型不純物の不活性化の原因 き、成長直後の低抵抗なり型組格子構造中の活性なり型 不純物の不活性化は生じないから、as grownで 造は、ドナーとして働く窒素空孔の密度が低く、低抵抗 **一ル工程が無くなることにより、コストダウンが可能と** ことも可能となるし、超格子構造の層間にアニールの熱 [0014] 本発明1によれば、窒素原料を含む雰囲気 となる冷却雰囲気からの水素の拡散を抑制することがで **氐抵抗な前記p型超格子構造が得られる。また、冷却時** の高温下における表面層の窒素の解離等による窒素空孔 の発生が抑制される。本発明1で得られる p 型超格子構 で、半導体素子等の材料として有用である。更に、アニ なる他、超格子構造を構成する層間のA1組成の急峻性 が維持され、また、不純物の拡散等を最小限に押さえる なp型電極を直接形成できる高品位な表面を有するの **応力による膜質の劣化の恐れもない。**

2

も水類と窒素を含む窒素原料としては、本発明3で用い るアンモニア以外に、モノメゲルヒドラジン等の種々の 窗寮原料を用いることが出来る。 冷却雰囲気を構成する 前記窒素原料の役割は次のように推察される。即ち、前 紫と水森を供給し、活性な鑑素が結晶表面からの鑑案の 解離を防止し、活性な水素が原料中のアルキル基の分解 を促進したり、結晶表面の吸着物質のクリーニングなど 【0015】本発明2の冷却雰囲気を構成する少なくと 配盤素原料は、冷却過程中の高温下で分解して活性な窒 の働きをする。本発明3で用いるアンモニアは、高純度 これを冷却中の雰囲気に用いることにより、結晶表面か ら 選業原料に由来する不純物が拡散しない高純度かつ高 品を容易かつ安価に入手できる選素原料であると共に 品位のp型超格子構造が得られるので好ましい。

6

一方又は両方の混晶比を**任意に変闘してもよい**(但し、

(1-y:) Nよりも年にワイドベンドギャップ (x:

AlxiGa (1-xi) Nは鞣物するAlyiGa

>タ ! - 1、タ !、タ ! + 1)である〕。 p型不植物

It, AlxiGa (1-xi) NEAlyiGa

【0016】本発明4の組格子構造及び該超格子構造上 造の結晶成長後の冷却雰囲気は、水寨を含め、任意のガ スにより構成することが出来る。超格子構造上に形成さ 少なくとも冷却雰囲気からの木素の拡散が組格子構造に に形成される111族盎化物半導体積層構造は、水素を含 む雰囲気で結晶成長させる。111族窒化物半導体積層構 れる川林蜜化物半導体積層構造は、単層でもよいが、

-5

3

(1- ^ ;) Nの一方にドープしても、厄力にドープし

した層、p型不純物とn型不純物を同時ドープした層の 及ばない厚さが必要である。このような構成とすること により、冷却雰囲気中の水素が超格子構造にまで拡散す は、アンドープ層、p型不純物又はn型不純物をドープ ることを防止できる。前記111鉄強化物半導体積層構造 可れにより構成してもよい。

層構造の厚さを0.5μm以上とする。冷却雰囲気中に 厚さをO. 5μm以上とすれば、その下部の超格子層に 水素が拡散することはない。 従って、超格子構造中の水 除徹度は低く、超格子中の不越物は水繋による不活性化 の影響を受けないため、成長直後のままの低框抗なり型 m程度未満であるから、III族窒化物半導体積層構造の 【0017】本発明5では、前記111族窒化物半導体積 おける木葉の拡散は、111族強化物中では深さ0.5μ 倒格子構造を得ることができる。

ちの結晶成長後の冷却雰囲気を、窒素原料のみからなる り、冷却中の冷却雰囲気からの水素の拡散を防ぎ、超格 果として、本発明4に比べた寮子の構造やプロセスの自 **も度を大きくすることが出来る。また、前配冷却雰囲気** こ、アンモニア等の種々の木素と窒素を含む窒素原料を か又は蛮素原料を少なくとも含む雰囲気とすることによ 子律造上に成膜する111族蛮化物半導体層を薄くし、結 [0018] 本発明6では、川族強化物半導体積層構 を構成する鑑素原料としては、本発明2又は3と同様

30 を同時ドーブする。しかし、A)混晶比が異なる両方の [0019] 本発明7では、本発明1と同様に、p型不 純物をAI混晶比の異なる交互に積層されたAIGaN プレたAIGaN層に、少なくとも1種類のn型不純物 がちらか一方の層に ドープしても両方の層に ドープした によれば、本発明1~6で得られる高品位な組絡子構造 に更に同時ドープを行うので、活性化したp型不純物の 固溶度を上げることが可能となり、as grownで 層の一方又は両方にドープし、更に絞り型不純物をドー e、S、Se、Te等の不能物を指す。また、本発明 1 層にp型不純物をドープした場合には、n型不純物は、 もよい。前記同時ドープするn型不純物とは、111核蜜 化物中でn型不植物として擬る縛うSi、C、O、G 島キャリア濃度が得られる。

とにより、積層数が増えるに従い進行する膜質の劣化を 中には、豚原料ガスの気相での反応を抑制することがで 新品位の成膜が可能なG a N層を超格子構造に用いるこ N (Ai=0)即ちGaN層とをn回交互に積層してい 5。 p型不純物は、AIGaN層とGaN層の何れにド ープしてもよい。A 1 を含む腸の成長中には、A 1 原料 とアンモニア又はAI原料とMg原料との気相での反応 が起こり易く、膜質の劣化を起こし易いが、GaN成長 き、膜質の向上が可能となる。現状の成膜技術では最も [0020] 本発明8では、A1×1Ga (1-×1) Nで彼されるAIGaN層とAlyıGa (1-yı)

英屋2002-314204

9

最小限にでき、超格子構造全体の膜質が向上する。従っ て、超格子構造としてのキャリア移動度の向上やキャリ

い。ドーピングは、中型不純物の単領ドープかも、中型 本発明10は、本発明9のp型超格子構造において、ワ 方又は両方のA1混晶比を任意に変調し異ならせたもの ドープしても阿方にドープしてもよく、強晶比の変闘と 的に応じて部分的に行ってもよいし、超格子構造全体に **行ってもよく、また、複数の目的で複数パターンの混晶** [0021] 本発明9は、本発明1∼8の作製方法で得 ギャップ(x i > y i)である]。 硫晶比の変闘は、目 比の変闘を行ってもよい。 p型不純物は、AlxiGa が交互にnペア積層されているp型超格子構造である。 られるAI混晶比が異なるAIxiGa(1-xi) N るA 1 v i G a (1 − v i) Nよりも発にワイドパンド 関連ムけたドーパング徹底の驳闘を併せた行ったが、 とAlviGa (1-vi) Nで示されるAlGaN層 イドバンドギャップなAlxiGa (1-xi) Nとナ ローバンドギャップなAlyiGa (1-yi) Nのー である (但し、AlxiGa (!-xi) Nは、隣接す (1-x1) NとAly1Ga (1-y1) Nの一方に 不純物とn 型不萬物の回時ドープでもよい。 2

【0022】AIの混晶比を層毎に変えるメリットとし には、衣の3つが掛げられる。

- (2) A1の混晶比を下げてGaNに近付けることによ (1) 屈折率分布を作ることが可能となる。
- り、電極形成時のコンタクト抵抗を下げることが可能と
- (3) パンドギャップを変えることによりキャリアの動 この3者のパランスをとることにより、光やキャリアの きをコントロールすることが出来る。

閉じ込めと電極の形成の容易さを併せ特つクラッド層へ の適用が可能となる(但し、応用範囲はクラッド層に限 られるものではない)。 本発明9又は10によれば、p **型層を活性化するための高温でのアニールを必要としな** いため、p型を含めた超格子積層構造の層間に熟成力の 発生が無く、膜質の良好な超格子構造が得られる。

[0023] 本発明11は、本発明9叉は10のp型組 **表面にある必要はなく、底面に位置する構成も可能であ** る。また、前記ゥ型超格子構造上に直接ゥ型電極が形成 半導体業子であるが、該p型組格子構造は、p型電極コ ンタクト層としての機能以外に、他の機能を兼ね協えて いてもよい。前記p型電種コンタクト層は、成長膜の最 子、レーザー業子等の種々の用途に適用できる。本発明 9 又は10の組格子構造におけるp型電極コンタクト層 低抵抗p型電極の形成が容易であり、更にアニールによ る不純物を含めた各層間の物質移動が無いため、ドーピ され、電流が注入される構成とすることにより、発光装 格子構造を p 型電極コンタクト層に用いた111族強化物 は、低抵抗かつアニールによる数面の劣化がないため、 S \$

[0024] 本発明12は、本発明11と同様、p型超 なるように変調する態様だけでなく、例えば、p型電極 格子構造上に直接p型電極を形成したものであり、ワイ 又は両方のA1混晶比を、前記p型電極に向かって小さ くなるように変調したものである {低し、AlxiGa Nよりも常にワイドバンドギャップ (x1>y1) であ る〕。これにより、コンタクト層表面がG a Nに近い組 成となるので更に低抵抗化し、結果としてp型電極の更 なる低抵抗化が可能となる。また、A 1 避晶比の傾斜し た材料を用いることにより、光の閉じこめ構造と低抵抗 **化のパランスを取ることができる。なお、健晶比の変調** の節様は、超格子構造全体をp型電極に向かって小さく との接点付近に限って変闘したり、p型電極との接点付 近以外の箇所を他の目的のために変調したりしてもよ ドバンドギャップなAlxiGa (1-x1) Nとナロ --バンドギャップなAlyiGa (1-yl) Nの一方 (I-xi) Nは、隣接するAlyiGa (I-yi)

関値で温度特性の優れた、信頼性の高いレーザー素子が 【0025】本発明13は、本発明9又は10のp型超 型AIGaN/GaN超格子構造をクラッド層に用いる ことで、平均A1混晶比の高い低抵抗な組格子クラッド **商を作製できるから、光の閉じ込め効率とキャリアの注** 入効率が上がる。前記超格子クラッド層は、アニールに ピング微度プロファイルも急慢なものが得られるし、p 型を含めた超格子層構造の層間にアニールによる新たな 熱応力の発生が無く、低抵抗かつ高品位の業子構造が得 られる。可視領域の素子では、低電圧駆動が可能な、低 得られる。また、平均A1混晶比の高い超格子クラッド 隔により、紫外域の素子にも対応可能なクラッド層が得 られ、これを用いた低電圧駆動が可能な、低閾値の、温 度特性の優れた、俗類性の高い紫外域の発光素子が得ら >yi)である]。p型AlGaN/AlGaNXはp よる不純物を含めた各層間の物質移動が無いため、ドー れる。前記p型超格子構造は、クラッド層として機能し た、本案子は、前記 p 型超格子構造をクラッド層として 用いた発光茶子全般に適用可能であり、応用がレーザー 格子構造をクラッド層に用いた||||核窒化物半導体発光 としてもよく、目的に合わせて変調してもよい (但し、 (!-yi) Nの一方または両方のA1鹿晶比を、一定 てさえいれば、他の機能を兼ね備えていてもよい。ま 森子でもった、ワイドパンドギャンプなAlxiGa (!-*;) NとナローバンドギャップなAlyıGa (1-*!) Nよりも結にワイドバンドギャップ (xi A] x i G a (1 - x i) Nは、解版するA l y i G a 素子に限られるものではない。

[実施例] 以下、実施例により本発明を具体的に説明す るが、本発明はこれらの実施例により限定されるもので

aN低塩パッファー102を成膜した。Ga頭の供給を したサファイア基板101を反応容器内のサセプターに マルクリーニングした。次いで基板温度500℃、Ga の雰囲気中で室道まで冷却して取り出した。得られた超 れた。なお、本実施例の組格子構造の層構成は一例であ モニアと窒素で構成したが、これに限られるものではな 図1を参照しつつ本実施例について説明する。よく先祥 に行った。超格子成長後、先ず、G a 碩、A I 顔及びM ot、広くp型A1GaN/A1GaN超格子構造に応 固定し、容器内を真空排気した後、水素雰囲気中でサー 顕としてTMG(トリメチルガリウム)、N顔として7 ンモニア、キャリアガズとしてN2 とH2を供給し、G p型不純物のMg液としてE t C p 2 Mgをシーケンス 8 顔を停止し、吹にキャリアガスのうちH2の供給を停 用可能である。また、本実施例では、冷却雰囲気をアン 適用可能で、p型不純物も本実施例以外の構成をとるこ 止し、N調であるアンモニアとキャリアガスであるNs に、超格子構造を構成するAIGaNは、一般式AIx 序止して1080℃に昇進した後、Ga顔としてTM 格子を遡蛇したところ、キャリア鎌鹿が1018 cm く、例えばアンモニア100%の雰囲気でもよい。更 Ga (1-x) N (0≦×≤1) で敷される材料に広く G、A1類としてTMA(トリメチルアルミニウム) に基づき供給し、A10.25Ga0.75N層 (膜厚 せた。MgドーピングはAlo.osGao.ssN層 A 10.05G 80.95N超格子構造103を成長さ o..oをGao. ssN組格子構造であることが確認さ m) 各50周期よりなるA10.25Ga0.75N/ - 3 を越えるp型A10. 25Ga0. 15N層/A1 5 nm) とA 1 o. o s G a o. p s N層 (膜厚 5 n とが可能である。

[0029]実施例2-1

[0028] 実施例2

囲気中でサーマルクリーニングした。次いで基板温度5 0 1 0 Cに昇俎した後、G a 凝としてTMG、A 1 漿と N超格子構造203を成長させた。MgドーピングはG る。よく洗浄したサファイア 甍板201を反応容器内の サセプターに固定し、容器内を真空排気した後、水素雰 図2を参照しつ0本発明4に係る実施例についた説明す キャリアガスとしてNaとHaを供給し、GaN低温バ ッファー202を成膜した。Ga爾の供給を停止して1 LてTMA、p型不純物のMg額としてE t C p 2 Mg a N層に行った。A 1頭とM 8 頭の供給を停止し、A 1 0 0℃、G a 類としてTMG、N類としてアンモニア、 0. 18N層 (版厚5nm) とGaN層 (膜厚5nm) 各50周期よりなるA10.26Ga0.75N/Ga やシーケンスに魅力を供給し、A1o、isGa

を膜厚 1 μ m 成長させた後、Ga顏の供給を停止し、窎 オンマイクロスペクトロスコープ) により分析したとこ 森舎有量は、超格子構造/nonーGaN層界面から低 あることが確認された。なお、本実施例の組格子構造の 層構成は一例であって、広くp型AIGBN/AIGB 値まで恰却して取り出した。SIMS(セカンダリーイ く… 定で、n o n – G a N層 2 0 4 をエッチングして測 く、更に、p型不純物も本実施例以外の構成とすること N超格子構造に応用可能であり、III族蜜化物積層構造 に、nonーGaN層(III核強化物強層構造)204 定した結果、キャリア濃度が1018cm-3を超える 0. 25Ga0. 75N/GaN超格子構造203の上 P型A10.25Ga0.15N/GaN超格子構造で も、本実施例のような単層以外に多層構造としてもよ 0. 25Ga0. 15N/GaN超格子構造203の水 ろ、non-GaN層204の下部に位置するAI

造の厚さを変えた試料を成長させた。これらの試料の水 造をエッチングにより除去した後、キャリア濃度を測定 ドーピングされた層であってもよい。 超格子にドープさ れるp型不純物も本実施例以外の多様な構成をとること が強認された。なお、本実施例の超格子構造の層構成は mを超えていればよく、また、アンドーブ層であっても 上に川族蛮化物積層構造を成膜し、川族蛮化物積層線 層構造は、単層でも多層構造であっても膜厚が0.5μ 実施例2と同様にして、GaN層にMgを用いp型ドー 素濃度SIMSにより分析したところ、III族窒化物積 **既は、|||検鑑化物積層構造との界面からほぼ一定の低 養度であることが分かった。また、111株館化物積層構** れる材料に広く適用可能である。上記の111族蜜化物積 プレたA 10. 25G a 0. 15N/G a N超格子構造 0.25G80.15N/G8N超格子構造であるにと |-1. yi, yi+1≧0)に応用可能であり、各層 (1-xi) N (1≧xi≧0) (i=1…n) 7教さ 0. 25 G 8 0. 15 N / G 8 N 超格子構造中の木葉簾 ―倒むむoた、広くp型Al×iGa (1-×i) N/ AlviGa (1-vi) N配布子集階 (12xi>y 警構造の厚さが0.5μmを超える場合には、A1 したところ、1018cm-3を組えるp型A1 を構成するAIGaN層も一般式AIxiGa が可能である。

[0031] 寒糖倒4

[0030]実施例3

る。よく洗浄したサファイア基板301を反応容器内の 田気中でサーマルクリーニングした。 次いで基板濃度 5 ッファー302を成膜した。Ga類の供給を停止して1 図3を参照しらり本発用7に係る実施例について説明す サセプターに固定し、容器内を真空排気した後、木業雰 キャリアガスとしてN2とH2を供給し、GaN低温バ 00℃、Ga版としてTMG、N版としてアンモニア

特開2002-314204

⊛

080℃に昇湿した後、Ga蔵としてTMG、A1版と b、n型不純物としてSiH4をシーケンスに基づき供 LてTMA、p型不純物のMg凝としてE t C p 2 Mg 拾し、A 1 o. 2 s G a o. 7 s N 細(展陣 S n m)と Alo. os Gao. ss N層 (膜厚5 nm) 45 0 周 期よりなるAlo. 26Gao. 75N/Alo. 05

で留置まで冷却して取り出した。得られた組格子を測定 った。超格子成是後、先ず、Ga灝、A1灝、Mg顏及 給を停止し、N顔であるアンモニア100%の雰囲気中 本実施例の超格子構造の層構成は一例であって、広くp 適用可能であり、p型不純物とn型不純物も本実施例以 る。また、本実施例で示す帝却雰囲気も一例である。更 びSi顔を停止し、次にキャリアガスのH2とN2の供 に、組格子構造を構成するAIGaNは、一般式AI、 Gao.95N超格子構造303を成長させた。Mgと したところ、キャリア濃度が10^{18cm-3}を超える Siの同時ドープはAlo. 25Gao. 15N層に行 0.95 N超格子構造であることが確認された。 なお、 型AIGaN/AIGaN組格子構造に応用可能であ Ga (1-x) N (05x 51) で数される材料に広く p型A10.25Ga0.75N層/A10.05Ga 外の構成とすることが可能である。 2

図4を参照しつつ、本発明11に係る、本発明9の超格 に形成した。本実施例では、p型クラッド層を構成する アイア 基板401上に、GaNパッファー層402を成 捌よりなるn型AIGaN/GaN超格子n型クラッド た。冷却は、水薬、アンモニア及び蜜薬の混合雰囲気で N層を除去し、リッジ形成のためのドライエッチングを 0 9は、ドライエッチングにより組格子n型クラッド層 成して光の閉じ込め効率を上げ、その上に、アンドープ 物半導体レーザー素子の実施例について説明する。サフ 厚5nm) とSiドープGaN層 (暖厚5nm) 50周 なるDQW(二重量子移動)構造の括性層405、p型 厚5nm)50周期よりなるp型AIGaN/GaN組 GaN層(後にエッチングされるため図面には示されて 行った。ドライエッチングにより表面のアンドープGa 行った。SiO2 絶縁暦408を成際し職権部を開口し た後、p型電極用メタル410を、電流狭窄用SiO₂ 408の開口部に形成した。また、n型電極用メタル4 403を鶴出させ、鶴滝狭窄用SiO2408の開口部 格子D型クラッド層兼コンタクト層407、アンドーフ 子構造をクラッド偏兼コンタクト層に用いた111は蛮化 層403、n-GaNガイド層404、Ino.15G o. 16 N層 (順厚 2 n m) とMg ドープGa N層 (原 いない)を順に成膜することによりp型層を活性化し Alo. 25Gao. 15N/p型GaNの超格子を形 長させ、アンドープAlo. 25Gao. 75N層 (膜 GaNガイド層406、アンドープA1o. 25Ga ao. 85N/Ino. 05Gao. 95N2函数六9 30 20

/

20

称至2002-314204

9

8

GaN層を形成して超格子構造をp型化した上でGaN 層を除去し、次いでp型電極を形成することにより低極 N層よりなるコンタクト層を特たないため、ガイド層以 外にクラッド層から溺れ出した光を閉じこめる場所が無 へ、 紋米のG a Nコンタクト層を捧りアーザー禁子に元 探子が完成した。また、数半導体レーザー繋子は、Ga 低抵抗から高信頼性の三族強化物半導体ワーザー 抗なり型価極を作製した。その結果、温度特性が良好 ペピーム形状が優れているなど多くの利点を有する。 [0032] 寒焰例5

図5を参照しつつ、本発明12/に係る、本発明10の超 2周期よりなるDQW構造の活性層505、p型GaN を成膜して電極部を開口した後、p型電極用メタル51 〈低抵抗なp型電極を作製した。その結果、温度特性が GaN層よりなるコンタクト層を特たないため、ガイド ファイア 基板501上に、GaNパッファー層502を (段厚5nm) とSiドープGaN層 (既厚5nm) 5 0周期よりなるn型AIGaN/GaN超格子n型クラ GaNまで階段状に変化する5周期を合わせて合計50 ド層507の順に成膜後、アンモニアと窒業の混合雰囲 気で冷却しり型層を活性化した。吹いて、リッジ形成の り超格子n型クラッド層503を露出させ、電磁狭磐用 型クラッド層を構成するAIGaN層の組成として、括 Nの超格子を形成し、p型電極側のAIGaNの組成を 層以外にクラッド層から強れ出した光を閉じこめる場所 が無く、従来のGaNコンタクト騒を拵しワーず一繋子 **化物半導体フーザー 珠子の実施例について説明する。 サ** 周期よりなるp型AIGaN/GaN超格子p型クラッ ためのドライエッチングを行い、 SiO2 絶縁層508 0を電流狭窄用SiO2508の関ロ部に形成した。ま た、n 型電極用メタル509は、ドライエッチングによ SiO2508の開口部に形成した。本奥施例では、p 化させることにより、光の閉じ込め効率を落とすことな に比べたアーム形状が優れているなど多くの利点を有す 格子棒造をクラッド層兼コンタクト層に用いた111核変 段好な、低抵抗から萬信頼性の二二族強化物半導体ソー ザー栞子が完成した。また、餃半導体レーザー雑子は、 m) 45周期及びアンドープ層側のA1避晶比が変化 N層 (萩草5nm) とMgドープGaN層 (籔草5n ガイド厨506、アンドープA 1º. 2 6 G 8 º. 7 8 A 1 o. 2 s G a o. 1 s NからG a N虫で路段状に郊 性層側の組成がA10.25Ga0.15N/p型Ga L. Alo. 25Gao. 15N/GaNA5GaN/ 成長させ、アンドープA 10. 25 G a o. 15 N 編 0. 15 Gao. 85 N/Ino. 05 Gao. 95 N ッド版503、n-GaNガイド暦504、In

[0033] 東施例6

30 図6を参照しつつ、本発明13に係る、本発明10の組 格子構造をクラッド層に用いた111棋盤化物半導体レー

609は、ドライエッチングにより組格子n型クラッド 光の閉じ込め効率を落とすことなく低抵抗なり型電極を **抵抗な膜が得られた。その結果、温度特性が良好な、低 ザー発光案子の実施例について説明する。 サファイア基** 5nm) 50周期よりなるn型AIGaN/AIGaN 5周期を合わせて合計50周期よりなるp型A1GaN 後、アンモニア100%の雰囲気で冷却してn型層を括 した後、p型電極用メタル610を、電流狭磐用S;O 2608の開口部に形成した。また、n型電極用メタル 作製した。また、p型ドープ層は、MgとSiを同時ド ープしたAIGaN磨で、箱AI鹿島丸にも拘むらず低 子が完成した。この発光繋子は、彼長310mm付近で 発光した。また、この発光楽子は、GaN層よりなるコ ンタクト層を特たないため、ガイド層以外にクラッド層 **怯化した。女いた、リッジ形成のためのドウイエッチン** グを行い、SiO2 絶縁層608を成膜し電極部を開口 部に形成した。本実施例では、p型クラッド層を構成す 番603を購出させ、観消狭増用Si02608の関ロ b. 8 8 Nの高A1准晶比の組格子を形成し、p型電極 坂601上に、GaNパッファー層602を成長させ、 9.86N/GaN#で両層の組成が階段状に変化する 0.85N/G8Nまで階段状に変化させることにより 抵抗から高信頼性の111族蛮化物半導体ソーザー発光繋 m) とSiドープAlo, 15Gao. 86N瘤 (原耳 ドープA10. 26Ga0. 18N層 (膜厚5nm) と m) 45周期及びAlo. 28Gao. 16N/p型A /AIGaN超格子p型クラッド層607の頃に成膜 るAIGaN層の組成として、活性層側の組成がAI 9.96Nガイド顧604、GaN/A10.03Ga p型A10. 05Ga0. 95Nガイド層606、アン o. p 1 N 2 周期よりなるD Q W構造の活性層605、 **関のA1GaNの組成をA1o. 25Gao. 15N/ 餡椅子n型クラッド層603、nーAio. ogGa** p型Alo. 15Gao. 85NからAlo. 15Ga アンドープA10. 25G80. 15N磨 (膜厚5m Mg ドープA10.15Ga0.85N編 (環陣5n 10. 16 Gao. 86 NASA 10. 15 Ga o. 25Gao. 75N/p姆Alo. 15Ga 2 20

格子構造を作製できる。本発明2~3によれば、より高 価格が安く、低コストな寮子が得られる。本発明4~5 ニールを行う方法に比べて、高品質で、低抵抗な p 型組 品位かつ低抵抗なp型AIGaN/AIGaN及びAI 発明3によれば、他の窒素原料を用いた場合よりも原料 GaN/GaN超格子構造が得られると共に、超格子構 [発明の効果] 本発明1によれば、従来技術の活性化7 省表面に低抵抗な p 型電極が形成可能となる。また、 形状が優れているなど多くの利点を有する。 [0034]

によれば、結晶成長直後のままの低抵抗なp型超格子傳 歯を得ることが出来る。本発明6によれば、本発明4~ る。本発明7によれば、商品位な超格子構造において同 上げることが可能となり、as grownで高キャリ ア濃度が得られる。本発明8によれば、組格子構造とし てのキャリア移動度の向上及びキャリア機度の向上が可 時ドープを行うので、活性化したり型不純物の固溶度を 5よりも、繋子の構造やプロセスの自由度が大きくな

【0035】本発用9によれば、従来のアニールにより P型化した組格子構造に比較し、高品質で、より低抵抗 なり型組格子構造を低コストで提供できる。本発明10 構造を提供できる。本発明11によれば、低電圧駆動が る。本発明12によれば、p型電極の更なる低抵抗化が 可能となり、光の閉じこめ構造と低抵抗化のパランスを 能で低閾値であり、湿度特性に優れた信頼性の高い可視 によれば、光やキャリアの閉じ込めと電極の形成の容易 さを併せ持つクラッド層等への適用が可能なp型組格子 比物半導体発光素子を提供できる。また低電圧駆動が可 る。本発明13によれば、低抵抗かつ高品位の111核変 取ることが可能なIII族蛮化物半導体素子を提供でき 可能な高信頼性のIII族蛮化物半導体業子を提供でき

【図1】実施例1のp型A1GaN/A1GaN超格子 財域又は禁外域のレーザー発光素子を穏供できる。 【図面の簡単な説明】

[図3] 実施例3のp型AIGaN/AIGaN超格子 [図2] 実施例2のp型AIGaN/GaN超格子構造

東道を示す図。

[図4] 実施例4の半導体繋子構造を示す図。 [図5] 実施例5の半導体繋子構造を示す図。 【図6】実施例6の半導体素子構造を示す図。 第造を示す図。

[図7] 従来の半導体レーザー禁子の光出射方向の断面 [作号の説明] 図を示す図。

. 0.1 サファイア基板

から猫れ出した光を閉じこめる場所が無く、従来のGa Nコンタクト酯や粧しフーボー既光繋子に兄くたアーム

6

nonーGaN層(III旅鑑化物積層構造) p型AIGaN/AIGaN超格子構造 p型AIGaN/GaN超格子構造 Ca N在値パッファー車 GaN的個ペッファー層 サファイア基板 103 203 204 102 201 202

p型AIGaN/AIGaN超格子構造 (M Ca N気値ペッファー層 S, Si回串ドープ) 302 303

サファイア基板

301

n型A1GaN/A1GaN超格子構造n型ク GBNパッファー瘤 401 サファイア基板 403

407 p型AIGaN/AIGaN超格子構造p型ク 404 n-GaNガイド国 406 り型GaNガイド階 409 n型配権メタル 410 p型配権メタル 108 SiOz 結婚組 405 DQW活体图 ラッド層 ラッド職

503 n型AIGaN/AIGaN配布子集造n型タ 04 n-AlGaNガイド屋 505 DQW倍性層 シン (1)

502 GaNパッファー面

501 サファイア基板

9

507 p型AIGaN/AIGaN超格子構造p型ク 506 p型AIGaNガイド層 ラッド部

302GBNパッフォー画 509 n型電極メタル 510 p型電極メタル 801 サファイア基板 508 SiO2 指数型 2

103 n型AlGaN/AlGaN图格子構造n型タ ラッド面(Mg, Si回野ドープ)

607 p型AIGaN/AIGaN超格子構造p型ク 304 n-AIGaNガイド車 606 p型AIGaNガイド層 505 DQW活性層

ラッド層 (Mg. S:回時ドープ) 609 n型電極メタル 610 p型電極メタル ·608 SiOz 結構層

インドーブ1m0.01G80.99N部件編 南位のアンドープG a N ペッファー細 存包G B N ペッファー座 nーGaNコンタクト層 サファイア猫板

n-Alo. 2Gao. aN/GaN配格子nク nーfno. 1 G a o. 9 Nクラック防止層 20 単択成長アンドープGaN層 2 2 ŝ

アンドープA10. osGao. ssNn側ガイ ラッド層 23

アンドープAlo. o1Gao. ssNp囱ガイ P型A10. 2Ga0. 8NDキャップ層 24 2 5

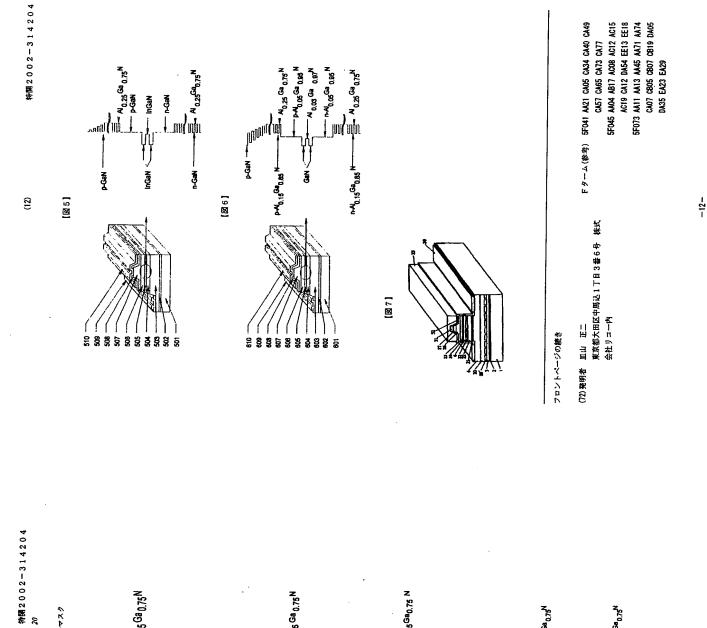
p型Alo. 1Gao. 8N/GaN超格チnク カッド面 9 7

p数GaNコンタクト層

2 7

S

-6-



A0.25 G8 0.75 N

GaN |

202 -

26 8 28 8

[図2]

33 p電極パッド 20′ SiO2選択成長マスク

[<u>M</u>]

텺

102 104 105

Ξ

61

30 n型電極 31 p型電極 32 SiOz絶線層 A0.25 GB0.75 N

Alo.05 Ga 0.95 N

303

[図3]

A 0.25 Ga 0.75 N

P-GaN

5 6 8

[図4]

In Gen

- Cen

=

.

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS
April 1973 Tet 1972 to the more way
☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
☐ FADED TEXT OR DRAWING
BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
GRAY SCALE DOCUMENTS
LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

